



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра метеорологии, экологии и природопользования

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)
по направлению подготовки 05.03.05 Прикладная гидрометеорология
(квалификация – бакалавр)

На тему «Исследование проблемы утилизации и переработки отработанных гальванических элементов»

Исполнитель Гринева Анастасия Игоревна

Руководитель к.с.х.н., доцент Цай Светлана Николаевна

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Цай Светлана Николаевна

«19» июня 2024 г.

Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе
НОРМОКОНТРОЛЬ ПРОЙДЕН
«14» июня 2024
Шепетников А.А.
ПОДПИСЬ / РАССИФРОВКА ПОДПИСИ

Туапсе
2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Развитие гальванических элементов: история, виды и классификация по химическому составу.....	5
1.1 Исторический аспект развития гальванических элементов.....	5
1.2 Виды и классификация гальванических элементов по химическому составу.....	11
2 Спектр применения гальванических элементов, их влияние на окружающую среду и здоровье человека.....	18
2.1 Система образования отходов производства и потребления, включая гальванические элементы в Краснодарском крае.....	18
2.2 Исследование воздействия отработанных батареек на почву: социологический анализ и эксперимент.....	25
3 Утилизация и переработка отработанных батареек в России: анализ, проблемы и пути решения.....	34
3.1 Процесс переработки отработанных батареек в России.....	34
3.2 Стимулирование устойчивого развития рынка и эффективные методы утилизации батареек в России.....	41
Заключение.....	48
Список литературы.....	51

Введение

Современное общество невозможно представить без использования различных электронных устройств, питание которых обеспечивается с помощью батареек и аккумуляторов. Ежегодно миллионы тонн отработанных гальванических элементов попадают на свалки и в окружающую среду, нанося непоправимый вред экосистемам и здоровью человека.

Содержащиеся в батарейках тяжелые металлы, такие как ртуть, кадмий, свинец, являются высокотоксичными веществами. При ненадлежащей утилизации они проникают в почву, грунтовые воды и атмосферу, тем самым загрязняя их. Попадая в организм человека, эти вещества способны накапливаться, вызывая серьезные заболевания печени, почек, нервной системы и других органов. Кроме того, разлагающиеся батарейки становятся источником пожароопасных и взрывоопасных веществ. Они могут стать причиной возникновения пожаров на полигонах, что несет угрозу для жизни и здоровья людей.

Таким образом, проблема утилизации отработанных гальванических элементов является одной из наиболее актуальных экологических задач современности. Ее решение требует комплексного подхода, включающего в себя просветительскую работу среди населения, совершенствование законодательной базы, развитие инфраструктуры для сбора и переработки батареек.

Актуальность исследования обусловлена тем, что при разрушении отработанных батареек происходит выделение опасных химических соединений, что влечет за собой негативные последствия для человеческого здоровья и окружающей среды.

Объект исследования: гальванические элементы (батарейки).

Предмет исследования: влияние веществ, содержащихся в отработанных гальванических элементах, на окружающую среду и здоровье человека при неправильной утилизации.

Цель исследования: выявление воздействия отработанных батареек на окружающую среду и здоровье человека, а также разработка рекомендаций по совершенствованию системы их утилизации.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние веществ, выделяемых при разрушении гальванических элементов, на окружающую среду и биологические объекты.
2. Определить последствия неправильного хранения и утилизации батарей и аккумуляторов.
3. Провести сравнительный анализ динамики образования гальванических отходов в Краснодарском крае за период 2020-2022 гг.
4. Разработать и провести социологический опрос для оценки количества использования батареек.
5. Разработать и провести экспериментальное исследование, демонстрирующее влияние веществ, выделяемых при разрушении батареек, на почву.
6. Описать существующие технологии переработки отработанных батареек.
7. Разработать рекомендации по развитию рынка утилизации батареек в Российской Федерации.

1 Развитие гальванических элементов: история, виды и классификация по химическому составу

1.1 Исторический аспект развития гальванических элементов

В 1786 году Л. Гальвани, итальянский профессор препарировал мертвую лягушку и на медных крючках подвесил ее задние лапы на железном заборе. Гальвани заметил, что еще до грозы при покачивании от ветра мышцы лапок сокращались при касании железных перекладин [1, с.192]. На основании этих наблюдений Гальвани был сделан ошибочный вывод, что в живой системе существует «животное электричество», которое возникает в спинном мозге и передается по металлическим проводникам к мышцам, вызывая их сокращение (рисунок 1).

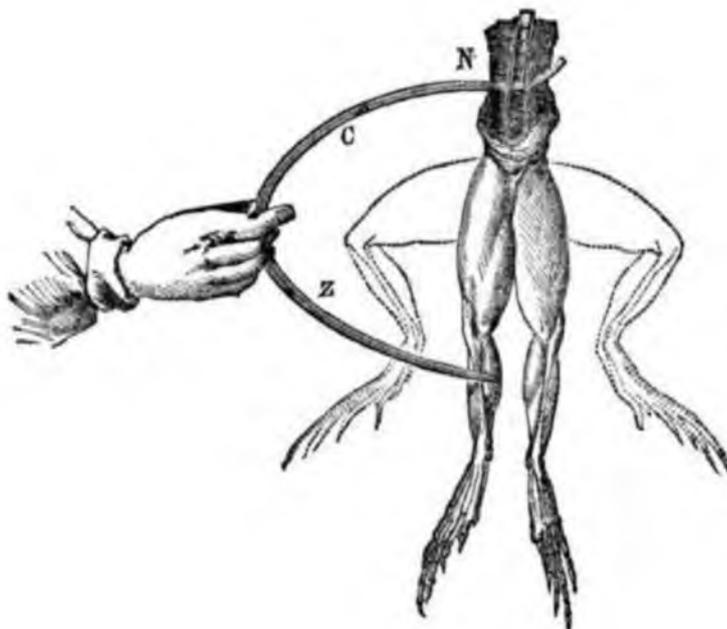


Рисунок 1 – Опыт Гальвани [1, с.192]

Впоследствии, А. Вольта продемонстрирует более точный процесс возникновения электрического тока. Он доказал, что Л. Гальвани наблюдал сокращение мышцы лягушки под воздействием электричества, которое вырабатывал этот элемент: мышца сокращалась, если к ней прикладывали металлические проволочки из двух разных металлов. Таким образом, он наблюдал действие электричества на мышцу. Но он не открыл «животного

Но это исправили благодаря устройству, которое придумал Ж. Лекланше. В емкость с нашатырным раствором помещали графитовый и цинковый стержни. Графитовый стержень, благодаря слою двуокси марганца, поглощал водород. Это привело к улучшению работы углеродно-цинкового аккумулятора [1, с.194].

При взаимодействии нашатыря с цинком происходит разделение положительных ионов, цинк приобретает отрицательный заряд, а угольный стержень – положительный. Между заряженным угольным стержнем и цинковым сосудом, называемыми электродами, возникает электрическое поле.

При соединении угольного стержня и цинкового сосуда проводником, под действием электрического поля свободные электроны начинают движение (рисунок 3).

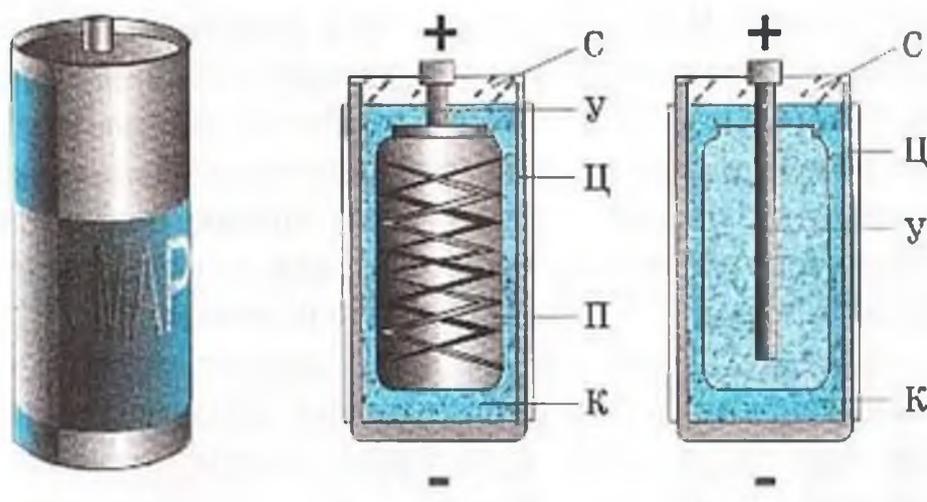


Рисунок 3 – Химический источник тока (элемент Лекланше) [1, с.194]

Где, Ц – цинковый сосуд, У – угольный стержень, П – полотняный мешочек, наполненный смесью оксида марганца с углем, К – клейстер, приготовленный из муки на растворе нашатыря, С -смола.

Современные гальванические элементы имеют такую же структуру. На полках магазинов можно найти множество разновидностей этих устройств. Однако, они различаются только по материалам, из которых сделаны их части, что в свою очередь влияет на производительность и срок службы устройства.

Гальванический элемент — это устройство, которое преобразует химическую энергию в электрическую. Он состоит из двух электродов, погруженных в электролит, и проводящего материала, соединяющего электроды. Один из электродов называется анодом, а другой - катодом. Анод — это электрод, на котором происходит окисление, т.е. электроны отдаются в электролит. Катод — это электрод, на котором происходит восстановление, то есть электроны принимаются из электролита [19, с.18].

Схема как работает конструкция, у разных видов батарей идентична и основана на формировании электроэнергии в ходе химических реакций. Она представлена на рисунке 4.

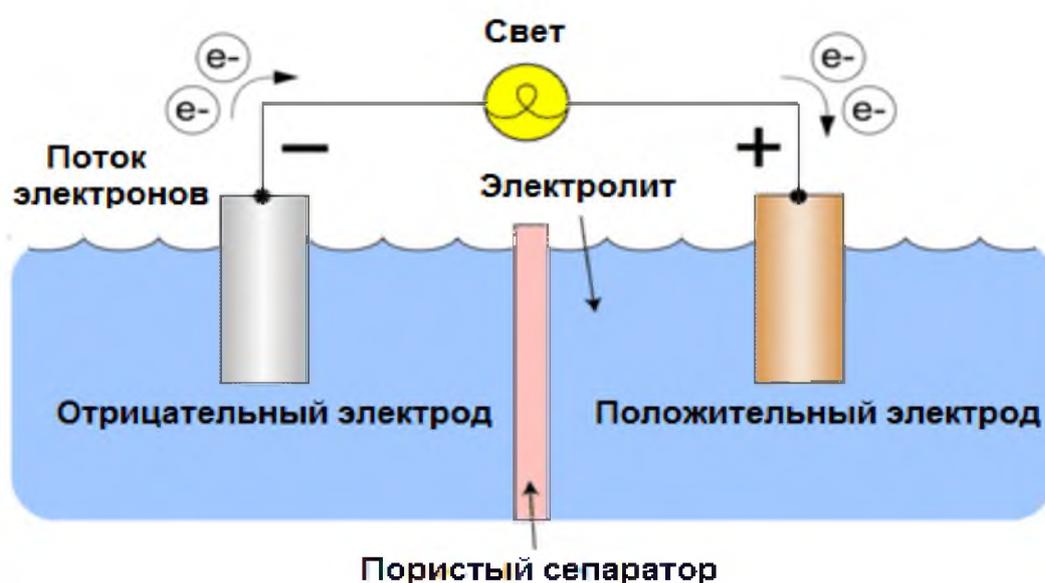


Рисунок 4 – Принцип работы гальванических элементов [7, с.19]

Химические источники тока могут быть различных типов, включая элементы на основе металлов, такие как цинк-медь или алюминий-серебро, а также элементы на основе полупроводников, такие как солнечные батареи.

Они широко используются в различных областях, включая электронику, автомобильную промышленность, энергетику и многие другие. А также предоставляют надежный источник электрической энергии и могут быть использованы как внешние источники питания или встроены непосредственно в устройства.

В настоящее время гальванические элементы в основном называют батарейками. Существует следующие основные виды современных батареек [7, с.25]:

1. Алкалиновые;
2. Солевые;
3. Литиевые.

Изменение напряжения в батарейке зависит от используемых материалов и количества элементов. В отличие от аккумуляторов, батарейки не могут восстанавливать свои свойства, так как в них происходит прямое преобразование химической энергии в электрическую (рисунок 5).



Рисунок 5 – Современные батарейки

Реагенты, входящие в состав батарейки, расходуются в процессе ее работы, что приводит к постепенному уменьшению тока и, как следствие, к завершению работы источника питания после полной реакции реагентов [9, с.54]. Щелочные и солевые элементы широко используются для питания различных электронных устройств, радиоаппаратуры и игрушек, в то время как литиевые батарейки чаще всего встречаются в портативных медицинских

приборах, таких как глюкометры, а также в цифровой технике, например, в фотоаппаратах. Рассмотрим достоинства и недостатки разных типов батареек в таблице 1.

Таблица 1 - Классификация батареек с их достоинствами и недостатками

Тип	Обозначение	Достоинства	Недостатки
Солевые	R	Дешевизна, Маленький вес	Быстро разряжаются, проблемы с герметичностью, небольшой срок хранения
Щелочные	LR	Емкость больше, чем у солевых. Могут храниться до 7 лет	более тяжелый вес, одноразовые — после выработки заряда использоваться больше не могут
Литиевые	CR	Долгое время хранения (до 12 лет), Термическая стойкость, герметичность, высокая энергоёмкость	Высокая цена
Ртутные	PC или Hg	Высокая энергоёмкость, Стойкость к перепаду температур, Долгое время хранения	Ядовитость ртути при нарушении герметичности, дороговизна, сложность утилизации
Серебряная	SR	Высокое качество, долго хранятся	Высокая цена
Воздушно-цинковые	PR	Безопасные, долго хранятся	Толще, чем обычная щелочная/серебряная и разряжается на воздухе

В каждом элементе присутствуют положительные и отрицательные заряды, а также электролиты и активные среды. Названия связаны с составом электролита и активным металлом на полюсах (рисунок 6).



Рисунок 6 – Виды современных батареек [10, с.92]

Гальванический элемент, который мы обычно называем батареей, производит электрический ток путем окислительно-восстановительной электрохимической реакции, происходящей между металлами полюсов в растворе электролита.

1.2 Виды и классификация гальванических элементов по химическому составу

Рассмотрим каждый из видов батареек более подробно:

1. Солевые батарейки, также известные как марганцево-цинковые элементы, представляют собой гальванические элементы, лишенные внутреннего жидкого электролита. Этот тип батареек является экономичным и широко применяется в устройствах с низким энергопотреблением, таких как пульты дистанционного управления, электрические термометры и другие подобные устройства (рисунок 7).



Рисунок 7 - Схема строения солевой батарейки [23, с.113]

Фактическая емкость батареек сильно зависит от режимов и условий эксплуатации. Отрицательные стороны указанных энергоносителей проявляются в заметном падении выходного напряжения во время разряда, а также в значительном уменьшении доступной емкости при увеличении тока разряда [21, с.144]. Работа батареек в прерывистом режиме с периодическими нагрузками средней и высокой мощности способствует повышению их

эффективности по сравнению с непрерывным разрядом. Однако длительные перерывы в использовании и низкие уровни тока разряда могут привести к уменьшению емкости из-за саморазряда элементов.

2. Щелочные элементы питания представляют собой разновидность батареек, в которых в качестве анода служит - порошкообразный цинк, а в качестве катода используется диоксид марганца. Электролитом в данном случае служит раствор гидроксида калия в виде пасты.

Данная конструкция обладает преимуществами по сравнению с солевыми элементами питания. Во-первых, щелочные батарейки характеризуются существенно большей емкостью. Во-вторых, они демонстрируют более эффективную работу при низких температурах. Это обусловлено тем, что цинк в щелочных элементах используется не в виде стакана, что увеличивает площадь соприкосновения с электролитом [9, с.97].

Таким образом, щелочные элементы питания характеризуются улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с солевыми аналогами, что обеспечивает их широкое применение в различных устройствах, требующих длительной и стабильной работы источника питания (рисунок 8).



Рисунок 8 - Схема строения щелочной (алкалиновой) батарейки [11, с.34]

Корпус батарейки, выполненный из никеля, включает положительный вывод и защитную оболочку. В стенке корпуса расположен газовый отсек, в

котором накапливаются газы, выделяющиеся при разряде. Для предотвращения взрыва при повышении давления щелочные батарейки оснащены разрушаемой мембраной, выпускающей электролит. Применяются в портативной технике, в игрушках, в электронных приборах. Анодом щелочных батареек выступает пропитанный гидроокисью калия цинковый порошок, заполняющий пространство между стенкой корпуса и центральной емкостью. Заряд с анода снимается латунным стержнем, выполняющим функцию отрицательного полюса в виде тарелки. В качестве катода используется смесь марганцевой двуокиси, сажи и графита, размещенная в центральной емкости. Анод и катод разделены пропитанным электролитом сепаратором. Электролит представляет собой щелочной раствор, чаще всего на основе гидроксида калия, реже – натрия и лития [11, с.42].

3. Литиевые батарейки представляют собой класс первичных электрохимических источников тока, характеризующихся достаточно большой разностью электрических потенциалов. Данное уникальное свойство обусловлено использованием в качестве анодного материала щелочного металла лития или его соединений. Электролитная система также может варьироваться, что позволяет оптимизировать эксплуатационные характеристики элементов под конкретные требования (рисунок 9).

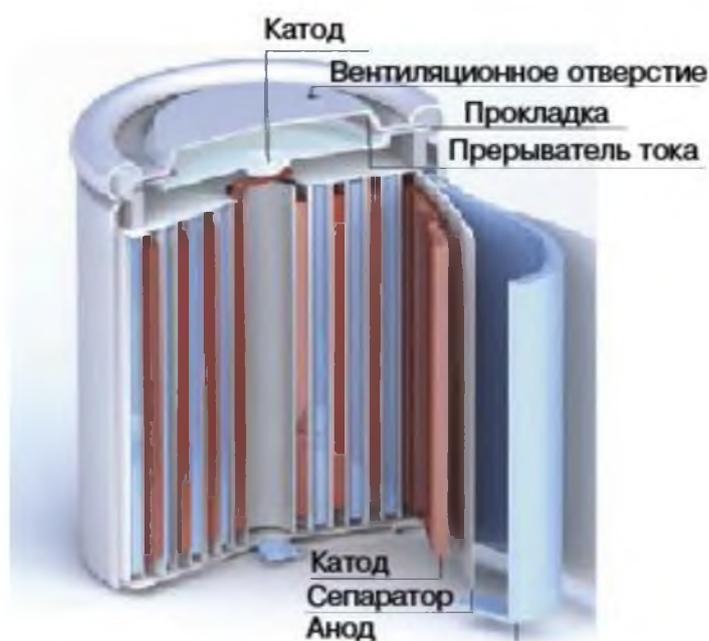


Рисунок 9 - Схема строения литиевой батарейки [22, с.99]

Несмотря на общность анодного компонента, литиевые элементы отличаются значительным многообразием конфигураций катодных и электролитных систем. В качестве катодных материалов могут применяться диоксид марганца, монофторид углерода, пирит, тионилхлорид и ряд других соединений.

В литиевых батарейках наблюдается феномен аккумуляции значительного энергетического потенциала. Данный эффект обусловлен конструктивными особенностями устройства, а именно - плотным намоткой катодных и анодных пластин, разделенных сепаратором, с последующим погружением в электролитический раствор. Для предотвращения перегрева системы предусмотрен механизм отвода выделяющихся газообразных продуктов электрохимических реакций через специальное отверстие в корпусе элемента. В случае чрезмерной интенсификации газовыделения происходит деформация уплотнительной прокладки, что приводит к нарушению работоспособности источника питания. Кроме того, при возникновении внешнего короткого замыкания электродов наблюдается стремительный разряд, активирующий схему размыкания цепи, что также обеспечивает защиту элемента [10, с.106].

Данные электрохимические системы нашли широкое применение в портативной аппаратуре, а также калькуляторы, часы и медицинские приборы.

4. Ртутные батарейки. Характеризуются следующей конструкцией: в качестве отрицательного электрода используется цинк, в то время как положительный электрод представлен оксидом ртути. Примечательно, что ртутные элементы питания могут функционировать в режиме аккумулятора, однако их емкость постепенно снижается вследствие миграции и образования капель ртути внутри конструкции.

В качестве преимуществ батарейки следует отметить стабильность генерируемого напряжения, высокую энергетическую плотность и емкость, а также устойчивость к перепадам температур и длительный срок службы, достигающий 10 лет. Данные характеристики обуславливают широкое

применение батареек в различных областях, включая электронные часы, весы, слуховые аппараты.

Вместе с тем, необходимо указать на ряд существенных недостатков. К ним относятся высокая стоимость производства, потенциальная опасность при использовании, связанная с риском вдыхания паров ртути в случае разгерметизации, а также сложности с утилизацией отработанных элементов. Совокупность данных факторов снижает популярность батареек данного типа среди потребителей [12, с.136].

Ртутные батарейки демонстрируют уникальные электрохимические свойства, обусловленные использованием ртути в качестве активного материала (рисунок 10).

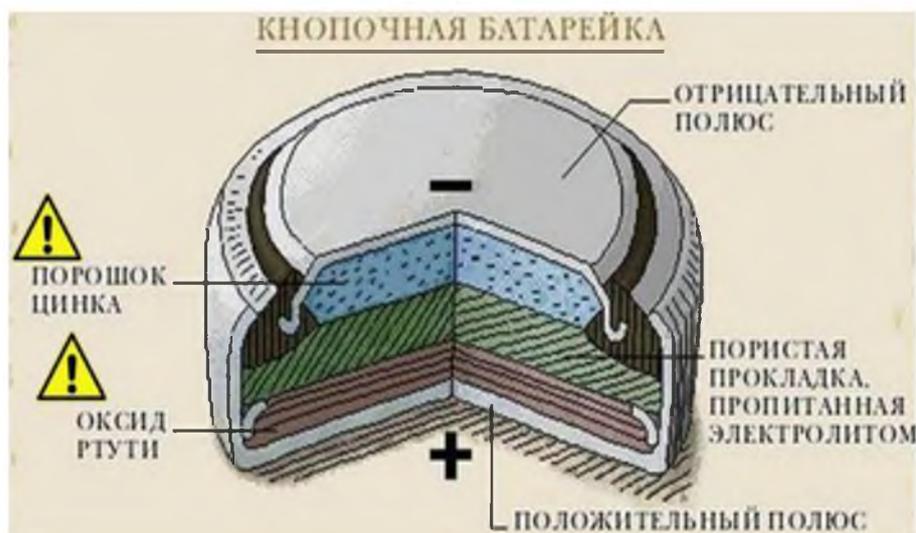


Рисунок 10 - Схема строения ртутной батарейки [10, с.61]

Таким образом, можно сделать вывод о неоднозначности характеристик данных батареек как источников питания, что обуславливает необходимость дальнейших исследований в данной области с целью повышения их эффективности и безопасности.

5. Серебряно-цинковые батарейки демонстрируют ряд характерных особенностей, сопоставимых с оксидно-серебряными батареями. В настоящее время ведутся разработки по их внедрению на более массовые рынки, включая аккумуляторы для ноутбуков и слуховых аппаратов [12, с.144].

Согласно рисунку 11, в конструкции серебряно-цинкового аккумулятора анодом служит цинк, катодом - оксид серебра, а электролитом выступает гидроксид калия или натрия.

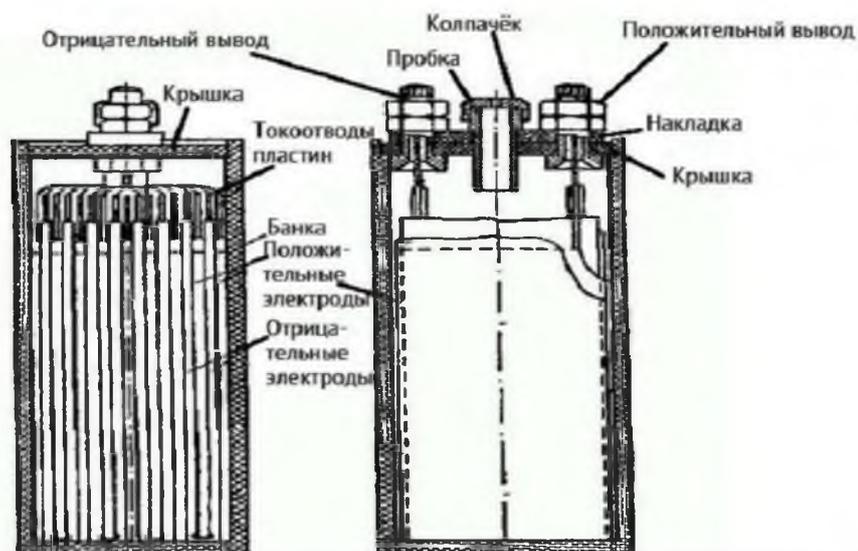


Рисунок 11 - Схема строения серебряных батареек [9, с.92]

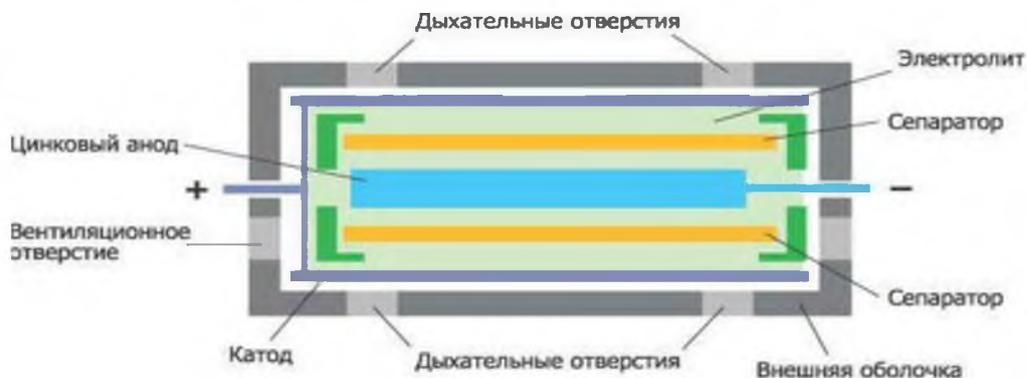
Современные исследования в области энергетических накопителей фокусируются на разработке серебряно-цинковых батареек, предназначенных для питания гибких электронных устройств. Данная технология предполагает интеграцию реагентов непосредственно в гибкие подложки, такие как полимеры или бумага, с применением методов печати или химического осаждения [7, с.61].

Кроме того, химический состав на водной основе обеспечивает повышенную термическую стабильность и устраняет проблемы воспламеняемости, характерные для литий-ионных альтернатив.

Серебряно-цинковые аккумуляторы обладают рядом преимуществ, включая высокие показатели энергоплотности и емкости, стабильность напряжения и температурную устойчивость. Эти характеристики, а также длительный срок хранения и эксплуатации делают данную технологию перспективной для применения в гибких электронных системах.

6. Воздушно-цинковые. Данный тип аккумуляторов характеризуется минимальным негативным воздействием на окружающую среду, что

обуславливает их широкое применение в специализированных медицинских устройствах [12, с.154]. Однако следует отметить, что воздушно-цинковые батарейки обладают относительно коротким сроком эксплуатации после вскрытия упаковки, не превышающим нескольких недель (рисунок 12).



Для предотвращения саморазряда и сохранения работоспособности в течение длительного времени (до нескольких лет) необходимо обеспечение герметичности хранения данных источников питания. Важным фактором, влияющим на эксплуатационные характеристики воздушно-цинковых аккумуляторов, является влажность окружающей среды, поскольку ее повышенное содержание может ухудшать рабочие параметры.

2 Спектр применения гальванических элементов, их влияние на окружающую среду и здоровье человека

2.1 Система образования отходов производства и потребления, включая гальванические элементы в Краснодарском крае

Гальванические элементы нашли свое применение в широком спектре областей, например в области обороны и безопасности, где они используются для питания различных видов оборудования, таких как ночные видеокамеры, дроны и беспилотные авиационные системы. Благодаря своей высокой энергоемкости и надежности, гальванические элементы обеспечивают необходимую энергию для работы этих систем [14, с.192].

А также в области научных исследований, где они используются для питания различных лабораторных установок и других научных приборов. Помимо этого, в областях промышленности, медицине, энергетике и в портативной электронике.

Таким образом, гальванические элементы играют важную роль в современных технологиях и находят свое применение во многих различных областях. Их надежность, высокая энергоемкость и стабильность делают их неотъемлемой частью современного мира и обеспечивают бесперебойную работу многих устройств и систем, на которые мы полагаемся в повседневной жизни.

В силу не осведомленности отработанные элементы питания многие люди не сортируют, а отправляют в бытовые отходы, и по статистике на свалках мегаполиса в течение года может накапливается более 16 миллионов отработанных химических элементов тока. Так в Соединенных Штатах Америки около 190 тысяч тонн отработанных источников питания в итоге не попадает на переработку [20, с.73].

Отработанные элементы питания считаются безопасными только, если не была нарушена целостность их корпуса и предоставлены надлежащие условия хранения, но ситуация кардинально меняется, когда они попадают в почву или

воду. Ведь при воздействии различных факторов, они начинают терять свои свойства и разрушаться. В результате, оболочка становится негерметичной, что приводит к выходу в окружающую среду опасных канцерогенных веществ [2, с.74].

Стоит отметить, что даже один отработанный химический источник тока загрязняет до 20 квадратных метров земли и портит до 400 литров воды. Это наглядно демонстрирует, насколько пагубное воздействие могут оказывать на экосистему неправильно утилизированные источники питания (рисунок 13).

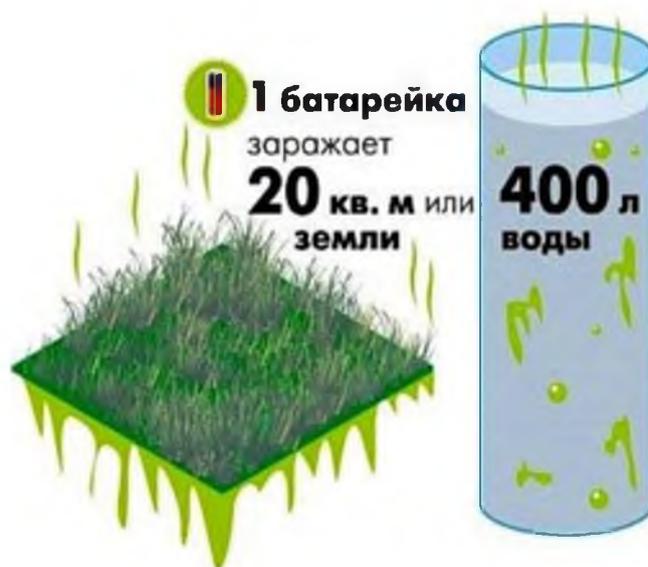


Рисунок 13 – Вред одной не утилизированной батарейки для окружающей среды [17, с.193]

Щелочные и металлические компоненты отработанных батарейных элементов представляют серьезную угрозу для природной среды. Проникая в почвенный покров, токсичные вещества мигрируют в грунтовые воды, а затем и в поверхностные водоемы, включая источники централизованного водоснабжения. Данный процесс ведет к химическому загрязнению земель и произрастающих на них сельскохозяйственных культур, а также продукции животноводства, выпасаемого на загрязненных пастбищах [3, с.56].

А также при нагревании химических элементов тока выделяются в атмосферу диоксины - чрезвычайно токсичные вещества, в десятки тысяч раз более ядовитые, чем цианиды. Диоксины являются канцерогенами и оказывают

негативное влияние на репродуктивную систему живых организмов.

Отсутствие правильной утилизации на специализированных заводах представляет серьезную экологическую угрозу, эта проблема ожидает незамедлительного вердикта со стороны государственных органов посредством разработки и внедрения эффективной системы сбора и переработки батарейных отходов.

Данная экологическая проблема, связанная с некорректной утилизацией отработанных элементов питания, представляет собой колоссальный вред для здоровья человека и окружающей среды [15, с.101].

Ведь в отработанных элементах питания содержатся токсичные вещества, которые пагубно влияют, в первую очередь, на здоровье человека. К ним относятся такие компоненты как:

1. Свинец. При превышении определенного уровня поступления, он начинает накапливаться в организме с образованием стойких депо, главным образом, в костной ткани. Повышенный уровень экспозиции к свинцу приводит к увеличению риска гипертонии, ускоряет прогрессирование хронических болезней почек. Основным симптомом интоксикации является анемия. В настоящее время во всем мире наблюдается постепенный переход от использования никель-кадмиевых аккумуляторов к более безопасным с экологической точки зрения никель-металл-гидридным и литий-ионным, обладающим большей емкостью и количеством циклов зарядки-разрядки.

2. Ртуть токсична для центральной и периферической нервной системы. Вдыхание ее паров может оказывать вредное воздействие на нервную, пищеварительную и иммунную системы, легкие и почки и может приводить к смерти. Неорганические соли ртути оказывают коррозионное воздействие на кожу, глаза и желудочно-кишечный тракт и могут приводить к интоксикации почек при проглатывании. Но данный компонент уже не используется при производстве батареек.

3. Также опасны для здоровья человека цинк и никель, которые могут повреждать кишечник, поджелудочную железу, а также оказывать влияние на

нервную систему [13, с.200].

Подсчитано, что в среднем отработанные источники тока составляют около 0,25% от объема отходов производства и потребления (рисунок 14).

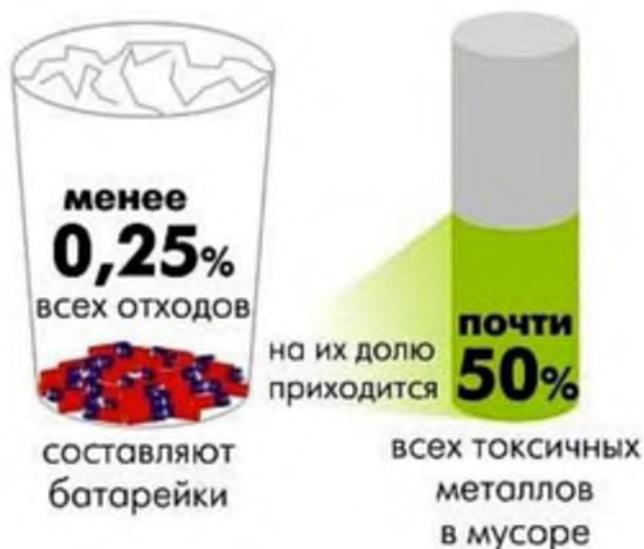


Рисунок 14 – Процент неправильно утилизированных батареек в среднем от общего объема отходов [17, с.193]

Анализ данных за последние годы показывает, что потребление батареек на душу населения в России постепенно снижается. Так, в 2021 году этот показатель составил 6,50 шт./чел., что на 17,7% меньше, чем в 2020 году. В 2022 году потребление батареек снизилось еще на 1,3% и составило 6,41 шт./чел. Несмотря на эту положительную тенденцию, объем утилизированных гальванических элементов в России остается крайне низким.

В 2021 году в среднем было утилизировано 63,82 млн. шт. батареек, а в 2022 году - 66,45 млн. шт. При этом общий объем продаж батареек в России составляет около 19 тыс. тонн в год. Таким образом, в России ежегодно утилизируется не более 1,8% от общего количества использованных батареек.

Однако в 2023 году произошло значительное увеличение объемов утилизации. Так, за первое полугодие 2023 года на утилизацию поступило 66 тонн отработанных химических источников питания, а в 2022 году этот показатель составил 139 тонн. Данный рост связан с модернизацией линии по

утилизации батареек у ведущей компании-переработчика, а также с наращиванием объемов сбора использованных батареек компаниями-партнерами. Дальнейшее развитие этой отрасли будет способствовать повышению экологической безопасности и рациональному использованию ресурсов (рисунок 15).

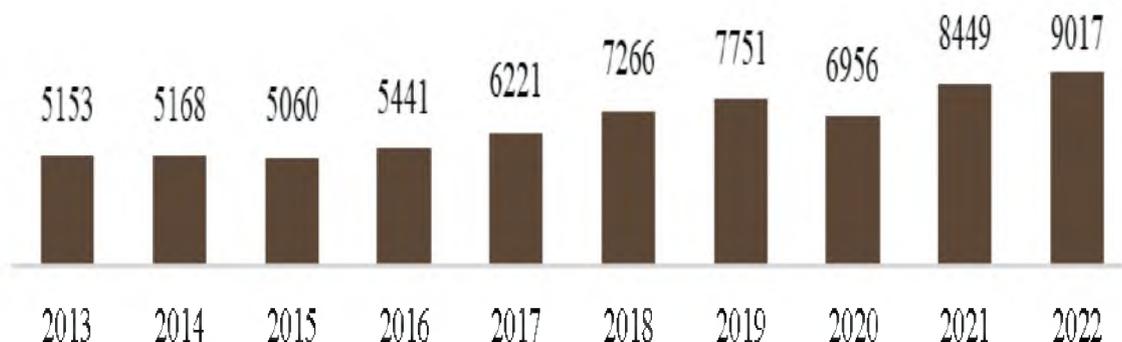


Рисунок 15 – Динамика показателей объема образования отходов производства и потребления в Российской Федерации, млн т

Краснодарский край, который имеет густонаселенную территорию и развитую экономику, не является исключением: проблема обращения с отходами производства и потребления продолжает оставаться первостепенной по уровню опасности для здоровья населения и сохранности экосистем. На территории Краснодарского края в 2022 году образовалось 1,8 млн тонн твердых коммунальных отходов.

Отходы размещаются на 11 полигонах, имеющих все правоустанавливающие документы, еще пять, включены в перечень объектов, действующих до 2026 года. В соответствии с территориальной схемой обращения с отходами на территории Краснодарского края (утвержденной приказом министерства от 29 декабря 2022 года № 725) в муниципальных образованиях организовано порядка 45 тыс. мест (площадок), накопления твердых коммунальных отходов, эксплуатируется более 81 тыс. контейнеров.

В 2022 году на территории Российской Федерации образовалось 9 017 млрд. тонн отходов производства и потребления, что на 6,7% выше уровня 2021 г. Из них на территории ЮФО – 38 628 млн. тонн (0,4%), в Краснодарском крае

образовалось 14 955 млн. тонн (0,16 % и 38,7 % соответственно) (таблица 2).

Таблица 2 – Информация об образовании, использовании, обезвреживании, транспортировании и размещении отходов производства и потребления (тыс. тонн)

Годы		Кол-во отходов, накопленных на начало отчетного года	Кол-во образований отходов	Кол-во обезвреженных отходов	Кол-во отходов, размещенных на эксплуатируемых объектах	Кол-во отходов, переданных другим организациям	Кол-во отходов, поступивших от других организаций	Кол-во отходов, накопленных на конец отчетного года
2022	РФ	52 871 млрд.	9 055 млрд.	23 016 млн.	6 229 млрд.	237 776 млн.	561 812 млн.	55 371 млрд.
	ЮФО	122 722 млн.	38 628 млн.	4 782 млн.	11 848 млн.	18 856 млн.	45 390 млн.	145 413 млн.
	Краснодарский край	3 225 млн.	14 955 млн.	2 629 млн.	4 412 млн.	6 905 млн.	5 313 млн.	6 483 млн.
2021	РФ	50 129 млрд.	846 476 млн.	20 190 млн.	4 503 млрд.	276 146 млн.	508 914 млн.	53 620 млрд.
	ЮФО	98 390 млн.	37 834 млн.	3 055 млн.	11 054 млн.	26 527 млн.	30 747 млн.	103 769 млн.
	Краснодарский край	2 169 млн.	1 098 млн.	1 698 млн.	2 433 млн.	5 163 млн.	3 995 млн.	1 910 млн.
Разница 2021 и 2022 по Краснодарскому краю (+ и -)		+ 1 056 млн.	+ 3 973 млн.	+ 930 тыс.	+ 1 978 млн.	+ 1 742 млн.	+ 1 318 млн.	+ 4 573 млн.
Соотношение 2022 года к 2021 году по Краснодарскому краю, %		148,7%	136,2%	154,8%	181,3%	133,7%	133,0%	339,4%

Наличие отходов на территории Краснодарского края на начало 2022 года составило 3 225 млн. тонн. За 2022 год организациями обезврежено 2 629 млн.

тонн (в 2021 году –1 698 млн. тонны). Передано отходов другим организациям для обработки, утилизации, обезвреживания, хранения и захоронения 6 905 млн. тонн. Всего в конце 2022 года наличие отходов производства и потребления в крае составило 6 483 млн. тонн. Данные подсчета по Краснодарскому краю предоставлены в таблице 3.

В 2022 году на федеральном и региональных уровнях продолжено развитие и модернизация системы управления отходами производства и потребления. Продолжается реализация Стратегии экологической безопасности России, утверждённой Распоряжением правительства Российской Федерации от 29 мая 2019 года № 1124-р «Об утверждении плана мероприятий по реализации Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [16, с.155]. В соответствии с приоритетными направлениями, утверждён план конкретных действий, установлены сроки их реализации, определены ответственные исполнители.

Таблица 3 - Общее количество образованных отходов по Краснодарскому краю

Год	Общее количество образованных отходов по Краснодарскому краю	Количество образованных гальванических отходов по Краснодарскому краю
	ТОНН	
2022	14 955 млн.	37 387 тыс.
2021	10 981 млн.	27 454 тыс.
2020	11 663 млн.	29 159 тыс.
Итого:	37 600 млн.	94 000 тыс.

По данным таблицы 3 видно, что за 2020 год общее количество образованных отходов по Краснодарскому краю составило 11 663 млн. тонн, а количество образованных гальванических отходов – 29 159 тыс. тонн. При этом результат в 2021 году был самым низким, общее количество образованных отходов – 10 981 млн. тонн, из них 27 454 тыс. тонн гальванических отходов. А самое высокое количество отходов образовалось в 2022 году, только гальванические отходы составили 37 387 тыс. тонн, когда общее количество образованных отходов насчитывало 14 955 млн. тонн.

Далее демонстрируется темп роста формирования гальванических отходов за период с 2020 по 2022 год (рисунок 16).

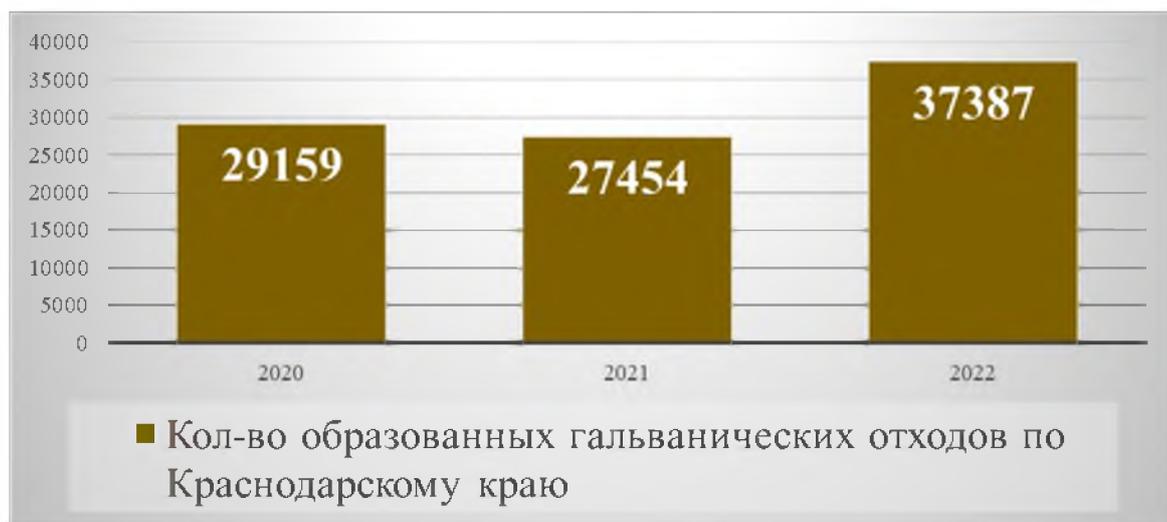


Рисунок 16 - Количество образованных гальванических отходов по Краснодарскому краю

Подводя итог, можно утверждать, что рост формирования данных отходов может увеличиваться с каждым годом.

2.2 Исследование воздействия отработанных батареек на почву: социологический анализ и эксперимент

В рамках проведенного комплексного исследования была реализована междисциплинарная методология, сочетающая социологический опрос и экспериментальную часть. Данный подход позволил всесторонне изучить проблематику использования батареек в бытовых условиях, а также оценить их воздействие на почвенные экосистемы.

Социологический опрос был проведен среди 44 респондентов, включающих 28 студентов 2-3 курсов филиала РГГМУ, 10 преподавателей и 6 родителей. Полученные данные свидетельствуют о высокой интенсивности применения батареек в повседневной жизни населения.

Для количественной оценки данного феномена был проведен расчет

потребления батареек среднестатистической семьей из 4 человек (2 взрослых, 2 подростка). Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Количество батареек, используемых в год среднестатистической семьей из 4 человек

Приборы, устройства и инструменты	Количество в приборе (шт.)	Частота замены (раз в год)	Разновидность	Всего штук
Телевизионный пульт (1)	2 шт.	2 раза в год	Марганцево-цинковые (MnZn)	$2*2=4$
Мышь беспроводная(3)	2 шт.	2 раза в год	Марганцево-цинковые (MnZn)	$6*2=12$
Интерактивные игрушки (3)	3 шт.	3 раза в год	Марганцево-цинковые (MnZn)	$9*3=27$
Часы настенные (1)	2 шт.	2 раза в год	Марганцево-цинковые (MnZn)	$2*2=4$
Фонарик (1)	2-3 шт.	2 раза в год	Марганцево-цинковые (MnZn)	$2*2=4$
Шуруповёрт или дрель (1)	1 шт.	1 раз в год	Никель-кадмиевые (NiCd)аккумуляторы	1
Телефон, смартфон, камера, ноутбук (2)	2 шт.	1 раз в год	Литий-ионные (Li-ion)	4
Часы наручные (1)	1шт.	1 раз в год	Серебряно-цинковые (AgZn)	1
Итого				57

Согласно данным подсчета, средняя семья потребляет порядка 57 гальванических элементов в течение года. Это обуславливает необходимость рассмотрения альтернативных источников питания с позиций экологической безопасности и экономической целесообразности. В частности, применение

аккумуляторных батарей представляется более рациональным решением. Масса и химический состав одного аккумулятора существенно меньше, нежели совокупная масса 57 гальванических элементов. Следовательно, переход к использованию аккумуляторов позволит минимизировать негативное воздействие на окружающую среду, а также снизить потребности в производственных мощностях профильных предприятий. Из чего можно заключить, что замена батареек на аккумуляторы является оптимальным вариантом с точки зрения экологической и экономической эффективности.

Параллельно с социологическим исследованием была реализована экспериментальная часть, направленная на изучение влияния отработанных химических элементов тока на почвенную среду. Полученные данные раскрывают тревожные тенденции негативного воздействия данных отходов на экологическое состояние почв.

Экспериментальное исследование было проведено в период с 4 по 29 марта 2024 года в лабораторных условиях. Для оценки загрязнения почвы использовался метод биотестирования, включающий определение всхожести семян и измерение длины всходов растений согласно общепринятым методикам [6]. Фенологические наблюдения и измерения роста всходов травосмеси осуществлялись в течение 1-3 дней [6].

В качестве оборудования были задействованы: 1 рулон пищевой пленки (40x30 см), 1 пульверизатор, 2 пластиковые емкости (1.5 л), и 1 пластиковая емкость (3 л), а также 1 линейка (в см).

В качестве реактивов использовалось внутреннее содержимое батареек различных типов (4 шт. AA щелочные, 6 шт. С щелочные, 2 шт. D солевые).

Ход эксперимента заключался в следующем: в имеющиеся емкости был помещен универсальный грунт, который затем был увлажнен с помощью пульверизатора. Далее были вскрыты батарейки и их содержимое смешано с почвой в ёмкости №1.

Таким образом, представленное исследование сочетало в себе элементы биотестирования и использование нетрадиционных реактивов, что позволило

получить уникальные данные о влиянии химических компонентов отработанных батареек на почвенную среду и развитие растений. Вскрытие и деформирование батареек представлено на рисунке 22.



Рисунок 17 - Вскрытие батареек

Содержимое вскрытых гальванических элементов было введено в пластиковую емкость, содержащую образец почвы №1. Для обеспечения равномерного распределения веществ, грунт был тщательно перемешан (рисунок 18). Данная методика позволила реализовать контролируемые условия эксперимента и обеспечить адекватность получаемых результатов.



Рисунок 18 - Добавление содержимого вскрытых батареек в почву

Вскрытые батарейки без извлечения внутреннего содержимого были размещены на поверхности грунта, помещенного в емкость №2. В емкости №3 был организован контрольный образец, представляющий собой чистый почвенный грунт (рисунок 19).

Это позволило провести сравнительный анализ влияния вскрытых батарейных элементов на свойства почвенной среды.



Рисунок 19 – Посев семян в опытные образцы почвы

В рамках данного эксперимента были использованы три опытных образца почвы, помещенные в герметичные пластиковые емкости.

В каждую из данных емкостей были равномерно высеяны семена травосмеси. Для стимулирования прорастания семян, почвенные субстраты были обильно увлажнены и накрыты пищевой пленкой, создавая оптимальные условия для всхожести.

В ходе последующего наблюдения за экспериментальными образцами, были зафиксированы и сопоставлены данные по появлению всходов и их

дальнейшему росту (таблица 5).

Полученные результаты позволили провести сравнительный анализ среди трех образцов с различным уровнем загрязнения (рисунок 20).

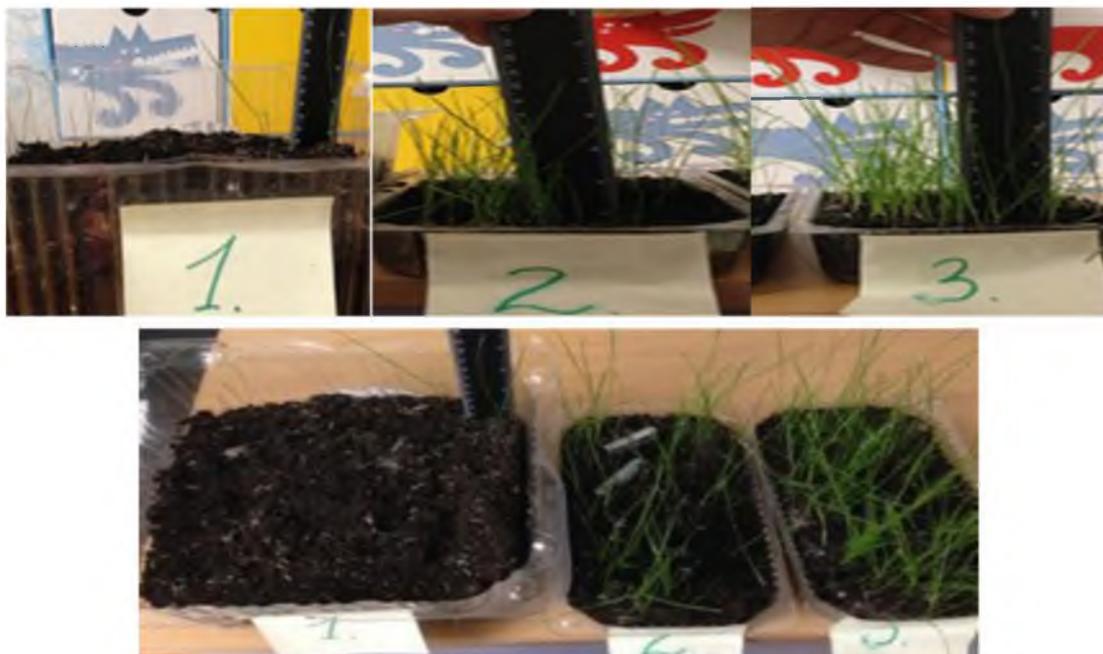


Рисунок 20 - Всхожесть и рост семян

Согласно проведенному исследованию, общее количество высеванных семян составило 1330 шт. Из них 610 шт. были помещены в пластиковую емкость объемом 3 литра (образец №1), тогда как в две идентичные емкости объемом 1,5 литра (образцы №2 и №3) было высажено по 250 шт. в каждую.

Данные показывают тщательный подход к организации эксперимента, где были учтены различные факторы, такие как объем контейнеров и равномерное распределение семенного материала. Подобная методика позволяет получить достоверные результаты, имеющие научную ценность. В таблице 5 указан результат биотестирования образцов почвы.

Таблица 5 - Результаты биотестирования образцов почвы

Дата	Образец №1	Образец №2	Образец №3
04.03.2024	Содержимое батареек добавили в почву. Грунт был перемешан для равномерного распределения веществ.	Вскрытые батарейки без извлечения содержимого размещены на поверхности почвы.	Контрольный вариант с чистой почвой.

Продолжение таблицы 5

05.03.2024	В пластиковые ёмкости с тремя образцами почвы были посеяны семена травосмеси. Почва в ёмкостях была обильно увлажнена и накрыта пищевой пленкой для улучшения всхожести семян.		
09.03.2024	Отсутствуют всходы, на боковых стенках емкости появился конденсат	На участке площадью 4 кв. см появилось 5 всходов высотой от 0,6 до 1,5 см. На боковых стенках емкости также образовался конденсат.	Все семена проросли, появились всходы высотой 0,3-2,8 см, они равномерно распределены по всей площади емкости. На боковых стенках емкости также образовался конденсат.
12.03.2024	Всходы все еще отсутствуют, верхний слой грунта приобрел серый оттенок. На боковых стенках емкости остается конденсат.	Взошло 25 ростков. Всходы достигли высоты от 2,0 до 3,5 см и имеют зеленый цвет. На других участках площадью от 2 до 4 кв. см появились новые всходы высотой от 0,2 до 1,5 см. Конденсат наблюдается на боковых стенках емкости.	На данный момент в емкости проросло 49 ростков. Все они достигли высоты от 3,0 до 5,0 см и имеют зеленый цвет. Кроме того, по всей площади емкости появились новые всходы высотой от 0,2 до 1,5 см. На боковых стенках емкости наблюдается конденсат.
13.03.2024	В емкости появилось 2 всхода высотой от 1,0 до 2,5 см, зеленого цвета. Они расположены у стенок емкости по 1 на участках площадью 1 кв. см.	Взошло 38 ростков	Взошло 57 ростков
20.03.2024	На участке площадью 3-4 кв. см проросли новые 4 всхода высотой 0,3-2,0 см. Имеющиеся всходы зеленого цвета и достигли размеров до 3,0-5,0 см.	Всего 77 ростков. Высота ростков составляет от 6,0 до 9,0 см, они зеленого цвета. Новые всходы появились высотой от 0,5 до 1,5 см и распределены неравномерно по поверхности.	Всего 148 ростков. Всходы проросли до 7,0-12,0 см. Цвет также зеленый.
29.03.2024	Всего 4 всхода достигли высоты от 4,0 до 12,0 см и имеют зеленый цвет. Часть почвы покрылась белой плесенью.	Всего 84 ростка. Всходы достигли высоты от 7,0 до 13,0 см, зеленого цвета, распределены неравномерно по поверхности.	Всего на поверхности распределено 205 ростков, проросших до 9,0-15,0 см в высоту. Цвет зеленый.

В результате эксперимента по биотестированию было выявлено, что химические соединения, образующиеся в процессе разложения батареек, попадая в почву, полностью лишают ее плодородия (рисунок 21).

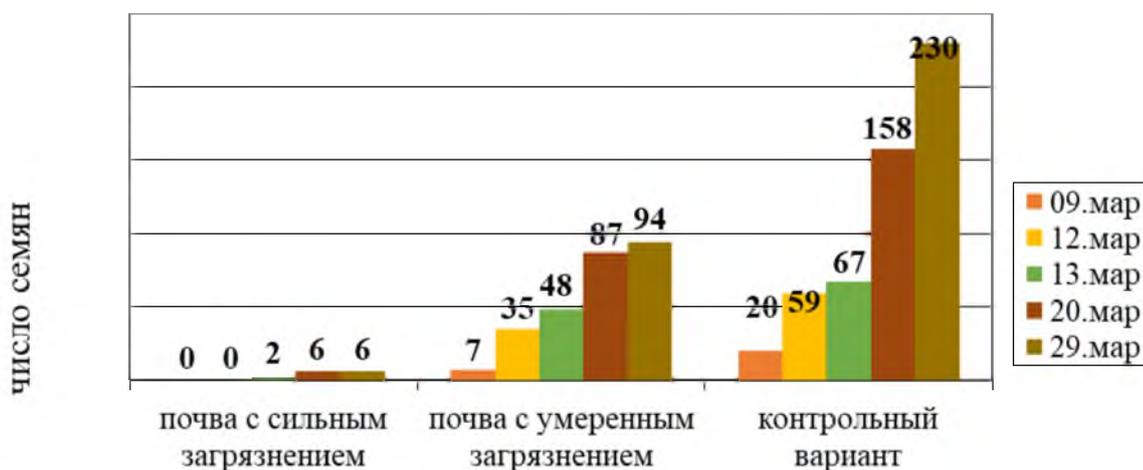


Рисунок 21 - Всхожесть семян в опытных образцах почвы

Согласно проведенному экспериментальному исследованию, всхожесть семян в анализируемых образцах почвы демонстрирует выраженные различия.

В частности, показатель всхожести семян в образце №1 составил 0,8% (6 проросших семян из 610). В свою очередь, в образце №2, характеризующемся 26% всхожестью, было установлено, что наличие в верхних слоях почвы физически разрушенных батарейных элементов оказывает негативное влияние на прорастание семян травосмеси, которые всходят лишь на участках с минимальным содержанием продуктов разложения батареек. Контрольный образец №3 с незагрязненной почвой продемонстрировал максимальный показатель всхожести – 64%.

Наблюдаемые различия в высоте проростков в испытуемых образцах почвы незначительны, варьируя в диапазоне от 3 до 5 сантиметров. Однако в контрольном образце №3 зафиксирована максимальная высота проростков по сравнению с образцами №1 и №2. Это обусловлено отсутствием негативного воздействия токсичных компонентов в контрольной почве, что способствовало более интенсивному ростовому процессу семян.

Полученные данные свидетельствуют о выраженном негативном

воздействию компонентов отработанных батарейных элементов на процессы прорастания семян в исследуемых почвенных условиях (рисунок 22).

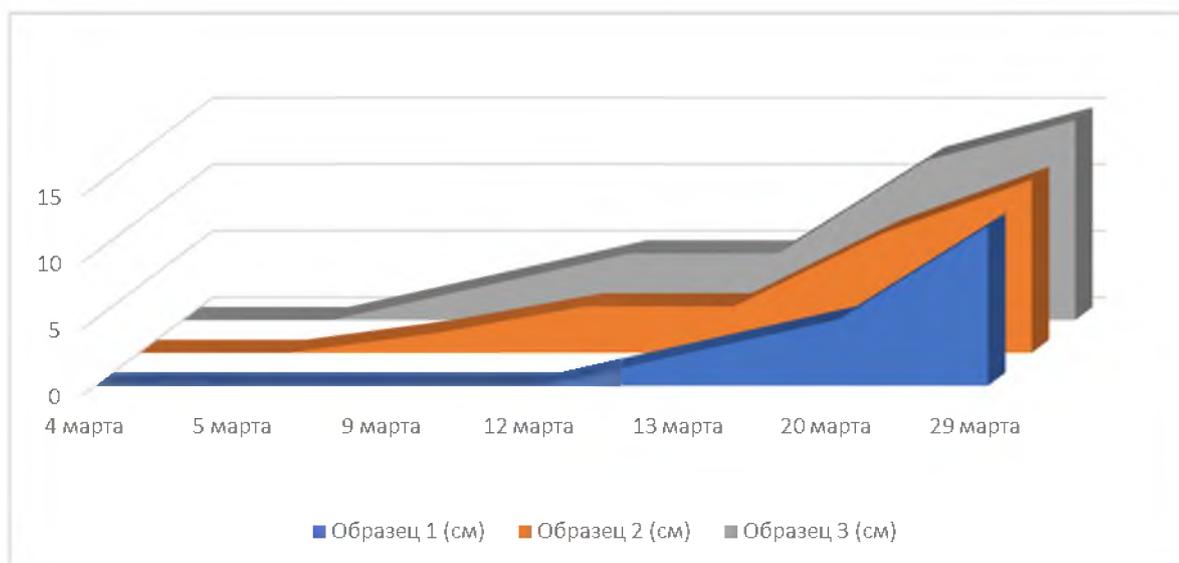


Рисунок 22 - Всхожесть и рост семян в опытных образцах почвы

Таким образом, комплексный характер проведенного исследования позволил сформировать всестороннее понимание проблемы использования большого количества батареек в бытовых условиях, а также обозначить актуальные экологические риски, связанные с их неправильной утилизацией.

3 Утилизация и переработка отработанных батареек в России: анализ, проблемы и пути решения

3.1 Процесс переработки отработанных батареек в России

На текущий момент эффективная переработка батареек осуществляется лишь на двух промышленных предприятиях - в городах Челябинске и Ярославле [23, с. 89]. К 2025 году планируется запустить семь новых заводов по переработке батареек по всей территории страны, а также развить инфраструктуру для обработки отходов I-II классов опасности, включая люминесцентные лампы и батарейки.

Несмотря на то, что процедура обращения с люминесцентными лампами уже регулируется законодательно, до настоящего времени не было разработано документа, определяющего процесс сбора и утилизации батареек. Предприятие находящаяся в Челябинске осуществляет переработку семи различных типов батареек и аккумуляторов, совместно с официальными партнерами принимая их на утилизацию. До 95,5% вторичных ресурсов возвращается в промышленный оборот, что соответствует лучшим мировым практикам.

По всей России программа принятия отработанных химических источников тока еще более масштабна: в настоящее время батарейки принимаются в 500 магазинах (рисунок 23).



Рисунок 23 – Бокс для приема отработанных батареек

Первые крупные партии были собраны к началу 2020 года, когда на Южном Урале было собрано и отправлено на переработку более 2 тонны

батареек. В 2021 году это число увеличилось до 4 тонн, а за первые пять месяцев 2022 года было собрано почти столько же. Количество контейнеров и точек приема увеличилось с нескольких штук до почти 100 за это время.

После локального сбора, отработанные гальванические элементы доставляют на склад для дальнейшей утилизации (рисунок 24).



Рисунок 24 – Склад отработанных батареек

Процесс переработки происходит следующим образом:

Этап 1. Сортировка: Батарейки вручную сортируют по химическим типам. Это оптимизирует последующие этапы утилизации, потому что внутреннее содержимое диктует и методы переработки [14, с. 92]. Если состав батареек неясен, то они отправляются в лабораторию, где проводят опыты и определяют тип батарейки (рисунок 25).



Рисунок 25 - Ручная сортировка по химическому типу

Этап 2. Дробление и магнитная сепарация: Сначала батарейки загружают в специальный бункер, из которого они порциями попадают на транспортную ленту с уступами. Она поднимает их вверх на сортировочную линию, где два вибрационных сита отсеивают телефонные аккумуляторы, маленькие батарейки-таблетки и мусор (рисунок 26).



Рисунок 26 – Сортировочная линия

Дальше проходят только цилиндрические элементы питания, и в дело вступает магнитный сепаратор [8, с. 82]. Он отделяет щелочные батарейки и аккумуляторы, а вперед движутся только солевые, доля которых в общем объеме обычно составляет около 90%. Теперь их ждет оптическая сортировка: при помощи двух камер компьютер распознает внешний вид, а машина раскладывает по видам — всего их около полдюжины (рисунок 27).



Рисунок 27 – Отделение щелочных батареек и аккумуляторов от солевых батареек

Затем каждый из видов по отдельности дробится и измельчается [8, с. 84]. После этого магнитный сепаратор отбирает металл для черной металлургии (рисунок 28).



Рисунок 28 – Отбор металла для черной металлургии

После помощи магнитного сепаратора железная оболочка отделяется от внутреннего содержимого. Оставшуюся массу растворяют и выделяют из нее цинк и диоксид марганца, которые востребованы в химической промышленности, металлургии и индустрии строительной керамики. Батарейки-таблетки и литиевые аккумуляторы, включая те, что есть в каждом смартфоне, перерабатываются так же, просто итоговый состав сырья на выходе отличается. Например, в литиевых элементах питания содержатся медь, кобальт и никель [21, с. 207]. В батарейках-таблетках часто встречается серебро (поэтому они дороже), а изредка даже золото (рисунок 29).



Рисунок 29 - Оставшаяся масса после переработки

Этап 3. Промывка от электролита: Содержимое батареек промывается от электролита, который впоследствии используется для нейтрализации кислот. После вода возвращается обратно в цикл (рисунок 30).



Рисунок 30 - Промывка от электролита

Этап 4. Извлечение цветных металлов: При помощи электролиза из активной массы извлекаются цветные металлы или их соли. Батарейка является многокомпонентной и очень компактной рудой.

Гидрометаллургия позволяет управлять процессом и извлекать максимальное количество металлов [14, с. 98]. Эффективность переработки самых распространенных щелочных батареек - 94,4% (рисунок 31).



Рисунок 31 – Извлечение цветных металлов с помощью электролиза

Этап 5. Фильтрация графита: Последним отфильтровывается нерастворимый графит. Вода возвращается обратно в цикл. Графит

используется в антифрикционных материалах, например, это уже готовая смазка для велосипеда (рисунок 32).



Рисунок 32 - Фильтрация нерастворимого графита

Комплексный подход к утилизации отработанных батарей является крайне актуальным и востребованным решением в современных условиях. Данная методика позволяет максимально эффективно извлекать ценные вторичные ресурсы и существенно сокращать объем образующихся отходов. Извлечение металлов, таких как цинк, марганец, железо, из отслуживших батарей дает возможность повторно использовать их в производстве новой продукции. Это, в свою очередь, способствует снижению нагрузки на первичные природные ресурсы, что имеет важное экологическое и экономическое значение.

Применение комплексного подхода к утилизации батарей является одним из ключевых аспектов формирования замкнутого цикла использования материалов, что соответствует принципам циркулярной экономики. Данная практика позволяет не только сократить объемы образования отходов, но и обеспечить более рациональное и бережное использование ограниченных природных ресурсов [13, с. 198].

После полной переработки отработанных батареек остаются лишь

небольшие количества вторичных материалов - смесь пластика и бумаги, которая остается на металлической оболочке батарейки после ее отделения в процессе дробления. Данные материалы полностью сжигаются при последующей плавке извлеченных металлических компонентов (рисунок 33).



Рисунок 33 – Батарейка после полной переработки

В данное время технологии переработки отработанных гальванических элементов обеспечивают высокую степень извлечения полезных компонентов и минимизацию вторичных отходов, что соответствует принципам устойчивого развития и экономики замкнутого цикла.

В настоящее время завод в Челябинске перерабатывает около 650 тонн батареек в год, при этом объем переработки увеличился только на 90 тонн с 2019 года, несмотря на увеличение количества пунктов сбора с 1 300 до почти 2 900. В Россию ежегодно ввозится около 21 тысяч тонн батареек, поскольку в стране нет местного производства. Таким образом, только около 3% батареек подвергаются переработке. В Ярославле ООО «НЭК» перерабатывает около 3 тысяч тонн батареек в год и занимается созданием инфраструктуры для их сбора и транспортировки в рамках нацпроекта «Экология». Это свидетельствует о том, что большинство жителей крупных городов уже готовы собирать батарейки, и следующим этапом должна стать работа с

образовательными учреждениями и стимулирование сбора со стороны государства.

Предприятия, занимающиеся утилизацией уверены, что переработать можно любую батарейку, но экономическая целесообразность этого зависит от объема. Если солевых и литиевых элементов питания много, то, например, ртутно-цинковых и никель-цинковых крайне мало. Иногда в копилку предприятия попадают даже маленькие свинцовые аккумуляторы. На переработку они не идут, но хранятся до лучших времен.

При обсуждении экологического вреда от гальванических элементов питания можно отметить, что с 1990-х годов в них отсутствует ртуть, и производители перестали указывать это на продукции. Это связано с тем, что содержание хлорида ртути в батарейках могло достигать 1,6%, что является ядовитым веществом. Однако необходимо отметить, что даже без ртути батарейки содержат вредные вещества, такие как никель-кадмиевые и ядовитые литий-тионилхлоридные.

3.2 Стимулирование устойчивого развития рынка и эффективные методы утилизации батареек в России

Актуальность рассматриваемой проблематики обусловлена экологическими рисками, сопряженными с неупорядоченной утилизацией отработанных источников питания. Установлено, что компоненты тяжелых металлов и химические соединения, содержащиеся в данных отходах, способны мигрировать в почвенные горизонты, загрязнять водные экосистемы и оказывать негативное воздействие на биоту. Таким образом, комплексное исследование данного вопроса представляется научно значимым и практически востребованным.

Исходя из этого, стоит разработать методы и технологии утилизации отработанных гальванических элементов, способствующие минимизации негативного воздействия на окружающую среду и повышению эффективности

ресурсопользования [4, с. 32].

Существует несколько методов утилизации батареек:

1. Переработка - это предпочтительный метод утилизации батареек. Батарейки перерабатываются на специальных заводах, где опасные материалы извлекаются и используются повторно. Переработка снижает количество отходов и сохраняет природные ресурсы.

2. Термическое обезвреживание включает сжигание батареек при высоких температурах. Этот метод эффективно уничтожает опасные вещества, но может привести к выбросам парниковых газов. Термическое обезвреживание обычно используется для батареек, которые не подлежат переработке.

3. Утилизация на полигонах включает захоронение батареек в специально отведенных местах. Этот метод удобен, но он может привести к загрязнению грунтовых вод и почвы. Утилизация на полигонах должна осуществляться только в том случае, если нет других доступных вариантов.

4. Утилизация в домашних условиях включает запечатывание батареек в пластиковые пакеты и утилизацию их вместе с бытовыми отходами.

Этот метод не рекомендуется, поскольку он не предотвращает попадание опасных веществ в окружающую среду. Лучше всего сдать батарейки в специализированные пункты приема [18, с. 135].

Изучение проблемы неправильной утилизации отработанных химических источников питания является крайне актуальным в наше время. Необходимо активно информировать общественность о рисках, связанных с неправильным обращением с батарейками, а также поощрять ответственное отношение к их утилизации.

Образовательные и социальные программы, направленные на пропаганду экологически чистого потребления и утилизации отходов, играют важнейшую роль в формировании экологического сознания среди населения. Повышение информированности граждан и стимулирование производителей к активному участию в программах утилизации создают основу для обеспечения более устойчивого и экологически безопасного будущего.

Далее в таблице 6 проведен сравнительный анализ методов утилизации батареек.

Таблица 6 - Сравнительный анализ методов утилизации батареек

Метод	Преимущества	Недостатки
Переработка	Экологичный, сохраняет ресурсы	Требует специальных заводов
Термическое обезвреживание	Эффективное уничтожение опасных веществ	Выбросы парниковых газов
Утилизация на полигонах	Удобный	Загрязнение окружающей среды
Утилизация в домашних условиях	Неудобный	Не предотвращает загрязнение

Рекомендации по методам утилизации:

1. Лучшим методом утилизации батареек является переработка.
2. Если переработка недоступна, следует использовать термическое обезвреживание.
3. Утилизация на полигонах должна использоваться только в качестве последнего средства.
4. Утилизация в домашних условиях не рекомендуется.

Не обязательно сдавать по одной батарейке в пункт. А так как разряжаются они в разное время, необходимо обеспечить им правильные условия для хранения. Существуют простые правила утилизации батареек и хранения.

Хранить элементы питания можно только в пластиковом контейнере или пакете. При этом емкость должна плотно закрываться, например, на вакуумные защелки. Пакет нужно завязать, чтобы не допустить выход паров в атмосферу.

Не допускаются:

1. Металлические контейнеры. Из-за соприкосновения со стенками будет происходить окислительная реакция, что может привести к утечке.
2. Картонные или бумажные коробки. Они могут напитываться

влажностью, что приведет к коррозии корпуса.

Проблема утилизации батареек не является исключительно технической или экологической. Это также социокультурный вопрос, который затрагивает многие аспекты нашей жизни. Ответственный подход к утилизации батареек — это шаг в сторону устойчивого развития и заботы о будущем нашей планеты.

Рекомендации по развитию рынка утилизации батареек в России:

1. Следует развивать рынок утилизации. В России работают только две компании, занимающиеся утилизацией отработанных батареек. Также стоит вводить льготы для производителей, которые активно участвуют в программе по утилизации.

2. Разработка и внедрение инновационных энергетических технологий. Переход от традиционных источников питания, таких как батарейки, к более экологичным решениям способен существенно снизить объемы опасных отходов, требующих специальной утилизации. Несмотря на высокую перспективность данного направления, его практическая реализация в ближайшие годы, вероятно, будет ограничена рядом технологических, экономических и инфраструктурных факторов. Комплексное исследование барьеров и драйверов внедрения альтернативных источников энергии позволит определить оптимальные пути ускорения процессов декарбонизации и минимизации экологического ущерба.

3. Рациональный подход к управлению отходами, является одним из ключевых аспектов современной экологической политики. Научные исследования показывают, что неконтролируемая утилизация использованных батареек наносит существенный вред окружающей среде токсичными веществами.

Для решения данной проблемы необходимо комплексное воздействие на различные уровни: от формирования экологического сознания населения до разработки и внедрения эффективных государственных программ по сбору и переработке батареек. Ключевым аспектом является повышение уровня экологической грамотности граждан, что позволит сформировать осознанное

отношение к использованию и утилизации источников питания [5, с. 317].

Внедрение системы раздельного сбора и переработки батареек, а также стимулирование производителей к разработке более экологичных альтернатив, должны стать приоритетными направлениями государственной экологической политики. Комплексный подход, основанный на научных данных, позволит минимизировать негативное воздействие отработанных батареек на окружающую среду и здоровье человека [19, с. 318].

Современные социологические исследования демонстрируют возрастающий интерес людей в России к вопросам экологической безопасности и ответственного обращения с отходами. Согласно данным, полученным в ходе комплексного опроса, проведенного компанией «Эльдорадо и М.Видео», подавляющее большинство (83%) покупателей розничных сетей заинтересованы в сдаче использованных батареек на утилизацию при наличии соответствующих программ в торговых точках. При этом около 48% респондентов осведомлены о существующих системах раздельного сбора данной категории отходов.

Анализ динамики показателей свидетельствует об устойчивом росте вовлеченности населения в решение проблемы экологически безопасной утилизации отработанных источников питания. Так, за первое полугодие 2023 года объем собранных батареек в торговых сетях «Эльдорадо» и «М.Видео» увеличился почти на 21% по сравнению с аналогичным периодом 2022 года, достигнув отметки в 2,5 миллиона единиц. Наибольшую активность в сдаче отработанных источников тока демонстрируют жители крупных городов-миллионников.

Социологи отмечают, что рост темпов утилизации отработанных источников тока, связан с распространением в обществе ценностей экологической ответственности, а также с расширением доступности специализированных пунктов приема. Кроме того, установлено, что женщины проявляют более пристальное внимание к вопросам сохранения окружающей среды по сравнению с мужчинами. Наименьшую заинтересованность в

решении данной проблемы демонстрируют граждане старше 60 лет.

Таким образом, комплексный анализ социологических данных позволяет сделать вывод о позитивных тенденциях в сфере утилизации отработанных источников тока в Российской Федерации, обусловленных ростом экологической сознательности населения и совершенствованием инфраструктуры раздельного сбора. Дальнейшее развитие данного направления требует усиления просветительской работы, особенно среди возрастных групп с более низкой вовлеченностью.

Соблюдение правил утилизации батареек важно, потому что:

1. Батарейки содержат опасные вещества, такие как ртуть, кадмий, свинец и другие токсичные материалы, которые могут загрязнять окружающую среду и оказывать вредное воздействие на здоровье человека.

2. Правильная утилизация батареек позволяет избежать выброса опасных веществ в окружающую среду и предотвращать загрязнение почвы, водных ресурсов и воздуха.

3. Переработка батареек позволяет извлечь ценные материалы, такие как железо, никель, медь и цинк, которые могут быть повторно использованы, что способствует сокращению необходимого расхода природных ресурсов и снижению количества отходов.

4. Несоблюдение правил утилизации батареек может привести к возгоранию и взрыву, поэтому важно следовать рекомендациям по безопасному хранению и утилизации данного вида отходов.

Продукты переработки используются в промышленности в качестве пигмента для окраски бетона, кирпича и тротуарной плитки, а также в качестве окислителя в химической промышленности, гидрометаллургии и органическом синтезе. Рециклинг компонентов батареек позволяет адаптировать получаемые продукты. А также в процессе переработке добываются (рисунок 34):

1. драгоценные металлы;
2. черный металлолом;
3. полимеры;

4. цинк порошок;
5. марганца диоксид;
6. медь порошок;
7. свинец.

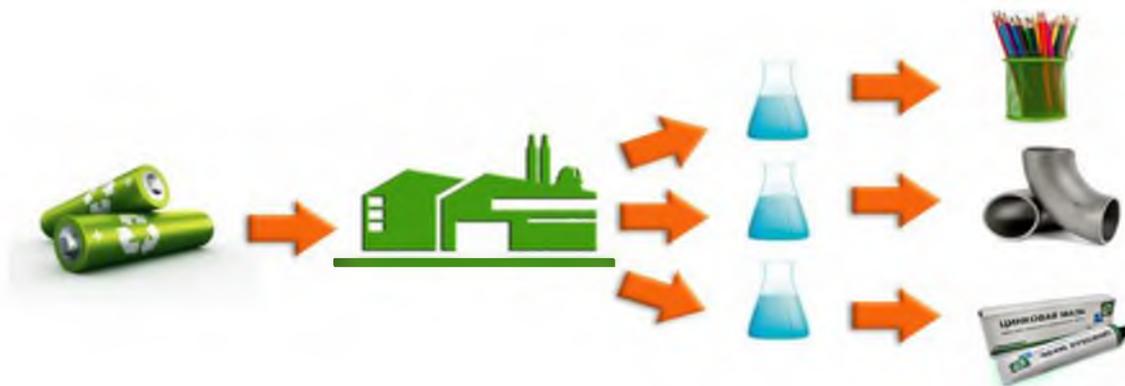


Рисунок 34 - Где используется вторичное сырье [18, с. 139]

В дальнейшем материалы идут на переработку:

1. цинк отправляется в фармацевтические и медицинские лаборатории, а также сельскохозяйственные комбинаты;
2. марганец необходим в полиграфии, лакокрасочном производстве и медицине;
3. свинец используется для приготовления стекла и глазури, а также изготовления аккумуляторов;
4. графит необходим в электротехнической промышленности.

Сдавая батарейки, кроме отсутствия негативного влияния на окружающую среду, это также способствует снижению цен на потребительские и промышленные товары.

Заключение

В результате проведенного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Такой гальванический источник питания как батарейка, несмотря на свою компактность, доступность и универсальность содержит опасные вещества, такие как: олово, ртуть, цинк, никель и свинец. Комплексный характер проведенного исследования позволил сформировать всестороннее понимание проблемы использования большого количества батареек в бытовых условиях, а также обозначить актуальные экологические риски, связанные с их неправильной утилизацией.

2. Так в Краснодарском крае в 2020 году общее количество образованных отходов составило 11 663 млн. тонн, а количество гальванических отходов - 29 159 тыс. тонн. В 2021 году общее количество отходов снизилось до 10 981 млн. тонн, а количество гальванических отходов составило 27 454 тыс. тонн. Однако в 2022 году наблюдался рост количества отходов, включая гальванические, достигнув 14 955 млн. тонн и 37 387 тыс. тонн соответственно.

3. Анализ социологических данных позволяет сделать вывод, что батарейки популярны как источник питания для электроники и мелкой техники. Так среднестатистическая семья потребляет порядка 57 батареек в течение года. Это обуславливает необходимость использование аккумуляторов вместо батареек и является более разумным и экономически выгодным решением.

4. В результате эксперимента по биотестированию было выявлено, что химические соединения, образующиеся в процессе разложения батареек, попадая в почву, полностью лишают ее плодородия. На 25-й день эксперимента в сильно загрязненной почве всхожесть составила менее 1% посеянных семян, в частично загрязненной почве - 26%, а в почве, не содержащей продуктов распада батареек, всхожесть составила 64%, кроме того, ростки имеют высоту выше на 2-3 см.

5. Ненадлежащая утилизация отработанных батареек представляет серьезную экологическую угрозу, требующую немедленного вмешательства на государственном уровне для разработки и внедрения эффективной системы сбора и переработки гальванических элементов.

6. Образовательные и социальные программы, направленные на пропаганду экологически чистого потребления и утилизации отходов, играют важнейшую роль в формировании экологического сознания среди населения. Повышение информированности граждан и стимулирование производителей к активному участию в программах утилизации создают основу для обеспечения более устойчивого и экологически безопасного будущего.

7. Продукты переработки используются в промышленности в качестве пигмента для окраски бетона, кирпича и тротуарной плитки, а также в качестве окислителя в химической промышленности, гидрометаллургии и органическом синтезе.

8. Комплексный подход к утилизации отработанных батарей является крайне актуальным и востребованным решением в современных условиях. Данная методика позволяет максимально эффективно извлекать ценные вторичные ресурсы и существенно сокращать объем образующихся отходов. Извлечение металлов, таких как цинк, марганец, железо, из отслуживших батарей дает возможность повторно использовать их в производстве новой продукции. Это, в свою очередь, способствует снижению нагрузки на первичные природные ресурсы, что имеет важное экологическое и экономическое значение.

Рекомендации по развитию рынка утилизации батареек в России:

1. Содействие развитию инфраструктуры по сбору и утилизации использованных батареек, включая установку контейнеров для сбора батареек на общественных местах.

2. Проведение информационных кампаний о важности правильной утилизации батареек, включая о том, какие вредные вещества могут быть выделены при их неправильной утилизации.

3. Введение стимулирующих мер для участия компаний в программе по утилизации батареек, таких как налоговые льготы или субсидии.
4. Обязательное зачисление производителям и импортёрам батареек взносов на развитие системы утилизации.
5. Поддержка местных инициатив по утилизации батареек, в том числе создание пунктов приема и переработки использованных батарей.
6. Проведение исследований и разработка новых технологий для утилизации батареек с целью минимизации вредного воздействия на окружающую среду.

Список литературы

1. Бажин, А. С., Коньшин, В. В. Утилизация бытовых отходов. - М.: Юридический бизнесжурнал, 2018. - 182 с.
2. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. - Новосибирск: Наука, 2016. - 154 с.
3. Бобович, Б. Б. Управление отходами: учебное пособие / - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 104 с.
4. Буторина, М.В., Дроздова Л.Ф., Иванов Н.И. Инженерная экология и экологический менеджмент: Учебник. - М.: Логос, 2014. - 520с.
5. Бутусов, О.Б. Эколого-экономический анализ промышленных предприятий: Учеб. пос. - М.: Воскресенье: Рыбинский дом печати, 2018. - 328с.
6. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания МУ 2.1.7.730-99. Минздрав России. М.: 1999.
7. Григорьев, Г.Г., Смирнов, С.С. Охрана окружающей среды при утилизации отработанных батарей и аккумуляторов. - М.: 2012. - 220 с.
8. Гурков, Ю. В. Переработка отходов и вторичное сырье. - М.: Гуманистика, 2016. - 192 с.
9. Журавлев, А. А. Проблемы электронного мусора и утилизация компьютеров. - М.: Наука, 2013. - 136 с.
10. Иванов, И.И., Петров, П.П. Утилизация и переработка отработанных аккумуляторов и батарей. - М.: Техника 2016. - 200 с.
11. Кашкаров, А.П. Аккумуляторы. Справочник / А.П. Кашкаров. - М.: РадиоСофт, 2014. - 194 с.
12. Козлов, В.В. Технологии утилизации химических источников энергии. - М.: КолоС, 2014. - 180 с.
13. Кузнецов, В.В. Современные гальванические элементы и аккумуляторы. - М.: Энергоатомиздат, 2017. - 520 с.
14. Кулифеев, В.К., Тарасов, В.П., Криволапова, О.Н. Утилизация

литиевых химических источников тока. - М.: Изд. Дом МИСиС, 2017 - 262с.

15. Лазарев, А. И., Рябинин, В. М. Экологический анализ и переработка отходов. - М.: ИФРА-М, 2019. - 238 с.

16. Мельников, Н.Г. Утилизация и переработка отработанных электрохимических источников тока. - М.: Наука, 2021. - 282 с.

17. Петров, Д.А. Гальванические элементы: теория, конструкция, применение. - СПб.: Лань, 2018. - 216 с.

18. Петров, Н.П. Химические источники тока. - СПб.: Лань, 2018. - 280 с.

19. Панамарев, К.А. Теория и практика гальванических элементов. - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2018. - 288 с.

20. Сидоров, А.А. Экологические аспекты утилизации и переработки батарей. - Красноярск: СФУ, 2019.- 150 с.

21. Сидоров, Е.И. Электрохимические процессы в гальванических элементах. - М.: Наука, 2016. - 360 с.

22. Соколов, Л.И. Сбор и переработка твердых коммунальных отходов: монография / Л.И. Соколов, С.М. Кибардина, С.Фламме, П. Хазенкамп. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Инфра-Инженерия, 2019. - 176 с.

23. Ярославцев, А.Б. Ионные обменники в химической технологии и экологии. - М.: Научный мир, 2017. - 240 с.